京都大学防災研究所年報 第41号 B-2 平成10年4月
Annuals of Disas. Prev. Res. Inst., Kyoto Univ., No. 41 B-2, 1998

災害情報の提供が立地均衡に及ぼす影響に関する分析

田中成尚*・山口健太郎**・多々納裕一・岡田憲夫

＊京都大学大学院工学研究科，株式会社 日水コン
＊＊京都大学大学院大学院工学研究科

要 旨

近年災害の危険度を示すハザードマップの公開が積極的に行われるようになってきている。情報公開は住民自らの災害に対する防御意識を高め，社会全体の災害防御レベルの向上に役立つものと期待されている。しかしながら，情報公開についてはその効果や公開の基準についてあまり議論されていない。本稿は，この情報公開について都市経済学の立地均衡モデルの適用を行い，その効果について分析を行うものである。

キーワード：災害情報，情報提供，効果評価，効用

1． はじめに

都市域は人口・資産が集中しており，一度災害が発生するとその被害は甚大である。このため，都市機能防御や人命・資産の防御の観点から多額の投資が行われハード的な整備とともに，災害に対する防御レベルの向上が図られてきた。このことは逆に，都市域における人口・資産の集中を許すものであり，災害に対する被害ポテンシャルの増大を助長してきたともいえる。このような整備の考え方ではハードの整備とともに，人口・資産の集中を促進し，それに伴い災害防御レベルの向上が要求される。そのため，効率的な災害管理を実現できない場合もあると考えられる。

効率的な災害管理を実施する上では，土地利用の規制や，税制措置，補助制度および土地の災害に対する危険度の広範な認知といったソフト的な手法による災害管理の考え方が重要であると考えられる。財政が厳しい近年，こうした効率的な災害管理の考え方をよく議論していくことが重要である。

ソフト的な対策の中で，規制によるものは，都市における自由な経済活動を阻害するものであり，あまり好ましくない。都市に住む住民の自由な意志による行動とともに災害管理が行われることが最も好ましい方策である。都市に住む住民の自由な意志による行動を期待するためには行政サイドからの情報の提供が不可欠であると考えられる。

近年，この災害危険度の情報提供が行政側から積極的に実施されるようになってきている。これは，住民の情報公開請求によるところが大きいが，行政サイドからみても住民の災害に対する自己責任や自己防衛意識の向上をうながし，さらには，危険地域への人口や資産の集中を抑制し，都市における被害の縮小を図る点でメリットがあるものと考えられる。

しかしながら，災害情報提供といっても，その効果や方法についてはまだまだ分からないことが多い。例えば，広く情報を住民に認知させるためには，マスメディアの活用などが必要でありコストがかかるが，どこまで費用をかけてよいのか，また災害の種類によっては情報公開が逆に社会的不便益を生むことも予想されるが，それをどのように評価すべきか等である。

本稿はこうした情報提供の影響を分析するためのモデルとして，都市経済学の均衡立地の考え方を基本としたモデルの構築を行い，情報提供とその影響を数値事例を通して分析を行う。

2．分析の枠組み

2．1．本研究の対象とする災害情報

本研究では災害の発生と被害が発生する過程の中で，ハード的な対策とソフト的な対策を Fig.1 に示す関係で考える。すなわち災害の発生と被害の発生の間には，被害を発生させるためのメカニズムが存在し，ハード的な対策はこの災害から被害へ至る過程を抑制する反面，都市の人口・資産の集中といった被害のポテンシャルの増大をまねく。一方，ソフト的な対策は，洪水予測や水防活動などの「有事の被害防止や被害拡大抑制を行うためのもの」と，危険地域への人口・資産集中の抑制といった「事前に被害ポテンシャルの拡大防止を行うもの」と2つに分けて考えることができる。前者の対策は予測技術の向上，災害管理体制整備といった内容であり，現在盛んに実施されてきている事項である。一方，後者は，「浸水ハザードマップ」の公開に代表されるような情報公開による手法であり，これは，現在ようやく実施され始めたところである。

これらの方法いずれについても，その効果の評価の方法については現在あまり議論されていない。これらはいずれも，重要なテーマであると考える。

本研究では，これらの方法の中で後者の情報公開の効果の評価モデルとして，都市経済学の均衡立地の理論を適用した分析モデルを提示するとともに，数値事例を通して，情報提供の考え方について提示する。

2．2 災害危険度に関する情報提供分析の視点

災害情報提供分析の視点として次のように考える。

●情報を得た後，都市の住民は自分の意志によって行動を行う。その行動の単位として家計を考える。

●この考え方より，都市経済学で扱われる居住地選択行動のモデルを適用する。

●家計は，ある予算制約の下で，自分の効用を最大化するよう行動する。その行動の内容は住居選択とそれ以外の消費である。

●災害による被害の発生に伴い家計が被るデメリットは所得が減少するといったものではなく，その土地から正常時に得られるアメニティ水準が，災害時には低下するものである。

●家計は，客観的な被害発生確率ではなく，各家計が有する主観的な被害発生確率に基づいてアメニティの期待値を推定し，これに基づいて行動する。

●情報提供の意味は，この被害発生の主観的な確率を客観的な確率に近づけることである。

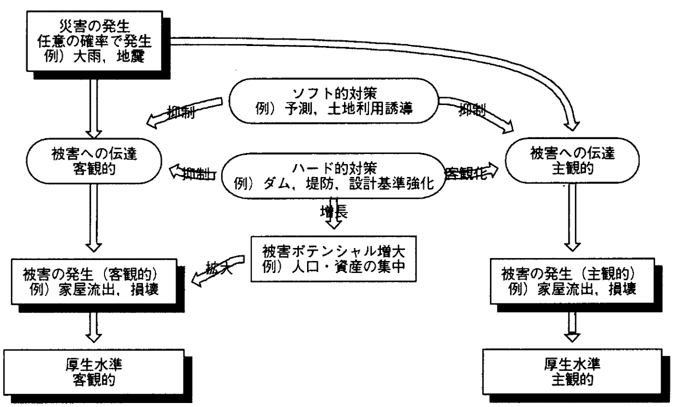

Fig. 1 relation between welfare and disaster prevention for hardware and software

3．家計の居住地選択行動のモデル化

3．1 モデル構築のための条件

本質を損なわない程度で最もシンプルな都市経済学の分野で用いられている「不在地主の閉鎖都市型モデル」を用いて分析を行うことで，災害情報提供の本質的な特徴を分析する

不在地主の閉鎖都市型モデルとは，まず対象とする都市の中の土地は全てその都市の外の人に所有されており，従って地主は不在である。都市に住む家計はその都市に住むために，地主に対して地代を支払うことになる。さらに，都市に住む人口は一定であり，都市以外の外部からの流入や，外部への流出はない，すなわち閉鎖的であるとしたモデルである。このようなモデルであるため，危険地域情報の認知による地代の低下は都市に住む家計の住居にかかる費用を減少させ，効用を向上させることになる。逆に，地主にとっては資産価値が減少するため不利になるが，このことは都市に住む家計にとっては何ら影響を及ぼさない。

このような条件のもとで，Fig. 2 に示すような都市を考える。

- ●まず，都市周辺には都市の地下の変動とはまったく無関係な広大な農地が広がっており，農地の地代は R_A と固定値である。
- ●都市はその農地の一部を使って形成される。この時，全ての家計数は N であり，全ての家計は唯一の中心商業地域である CBD に通勤し，そこから所得を得ている。
- ●都市の形は Fig. 2 に示すように横に長い長方形をしており，左右に都市が形成される。左右いずれかに住むのかは各家計の効用を最大化するよう決定される。
- ●この都市域の中では交通網は十分に発達しており，交通混雑は生じない。
- ●しかしながら，CBD へ通勤するための交通費は CBD からの距離とともに増加する。

次に，災害時と平常時の都市の状態を Fig. 3 のように左右で異なるとして考える。この都市の特徴は次の通りである。

- ●災害時，右側は安全（S区域と呼ぶ）であり，左側は危険（F区域と呼ぶ）である。
- ●平常時においてはいずれの区域も同等なアメニティをその土地から得ることができる。

3.2 居住地選択行動モデル

以上で考えた基本的な特徴を有する都市に対して，居住地選択行動モデルの定式化を行う。

3.2.1 情報構造とリスク認知

まず，都市のとりうる状態の集合 Ω を定義する。都市の状態は災害時か平常時の２つである。災害時の状態を ω_1，平常時の状態を ω_0 と定義すると集合 Ω は $\Omega=\{\omega_0,\omega_1\}$ で表される。

都市のこの状態は災害の発生確率に依存している。ここで災害の発生確率を p とおけば，都市の状態の生起する確率は次のように表される。

$$\begin{cases} p(\omega_0)=1-p \\ p(\omega_1)=p \end{cases} \tag{1}$$

さらに，災害時に被災したときのアメニティの水準を e_1 とおき，被災してないときのアメニティの水準（これは平常時のアメニティの水準と同じ）を e_0 とおき，その集合を $A=\{e_0,e_1\}$ と表記する。今，土地の位置を δ で表し，左右をそれぞれ+,-で表す。先の条件より平常時 ω_0 のときはアメニティ水準 e_0 を確率１で得ることができるが，災害時には場所によってアメニティ水準 e_0 を得ることができない場合もある。この確率は土地の性質や防災施設の整備水準等によって異なる。災害時においても被害を受けない確率を左右でそれぞれぞれ，α_-,α_+ とおく。すなわち $\alpha_\delta=\Pr\{e_0|\omega_1,\delta\}$ である。都市の左右の安全性より $\alpha_+>\alpha_-$ である。家計の居住地選択を行う際に各家計がこの確率を知っているとするならば，この確率 α_-,α_+ に従って居住地選択を行うであろうが，しかし情報が不完全な形でしか提供されない場合にはこの確率を主観的に推測することになる。そしてこの主観的確率にしたがって行動することになる。$\alpha_\delta'>\alpha_\delta,\delta=-,+$ のとき家計は災害に対して実際よりも楽観的に考えており，$\alpha_\delta'<\alpha_\delta,\delta=-,+$ のとき家計は実際よりも悲観的に考えているといえる。

3.2.2 期待効用最大化行動

家計は平常時（災害発生以前）における土地の状態において居住地を選択し，住宅の敷地規模を決定する。また家計の消費行動は一般的な経済分析において行われているように予算制約に従って自らの効用を最大化すると仮定し，それは平常時においても災害時においても変わらないものとする。

いま，家計のもつ効用関数は敷地規模 $s(>0)$，合

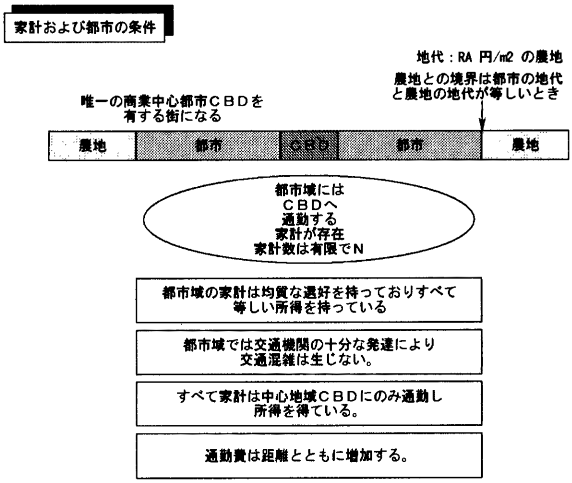

Fig. 2 city conditions for analysis

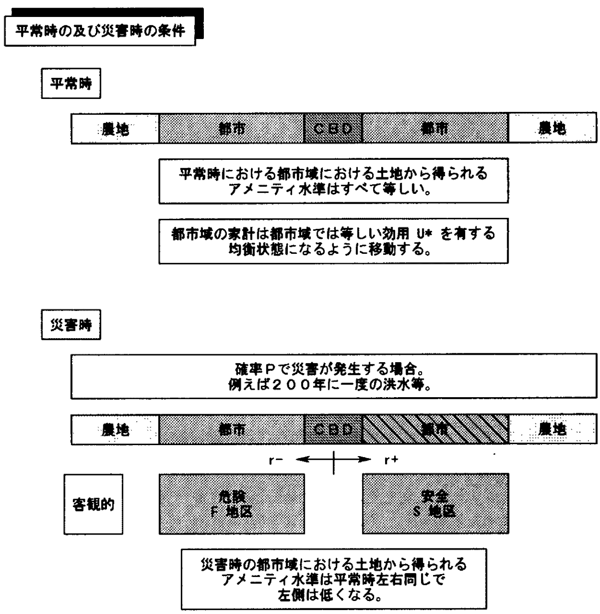

Fig. 3 amenity of the city on normal
and disaster conditions

成財　$Z(>0)$，アメニティ水準 e を用いて $u(s,z,e)(>0)$ で表されるものとする。ここで合成財とは土地，交通費以外のすべての消費財のことである。

ここで災害時の被害を受けたときの効用 $u(s,z,e_1)=0$，被害を受けないときの効用を $u(s,z,e_0)>0$ と仮定する。この仮定は被害が生じた場合にはこの都市での居住を継続できない程の被害を被るという状況に対応している。このとき家計の効用は期待値の形で（2）式のように表現できる。

$$EU_\delta(s,z)=u(s,z,e_0)p+u(s,z,e_0)(1-p)\alpha_\delta{}'$$
$$=u(s,z,e_0)(1-p+\alpha_\delta{}'p) \qquad (2)$$

$\delta=-,+$ で都市の左右を表す。

さらに家計の行動が期待効用最大化によって行われる場合，家計の行動は（3）式の形で表現できる。

$$\max_{\delta,r,s,z} EU_\delta(s,z)$$
$$s.t.$$
$$y-T(r)=R\cdot s+z \qquad (3)$$

ここで，y: 家計の所得，$T(r)$: 家計の CBD までの交通費，r: CBD までの距離を表す。すなわち家計は，単位期間あたり一定の所得 y を得，土地，交通およびそれら以外の合成財に支出するものとし，所得 y 及び交通費 $T(r)$ は災害時においても変化しない。また，家計は（3）式に示すように期待効用 EU_δ を最大化するよう居住地の選択を行う。

3.3 土地利用均衡モデル

3.3.1 付け値関数

以上の期待効用最大化の問題を分析する上で，土地の地代を表す付け値関数を導入することが有効である。付け値は所与の効用水準のもとで特定の家計の土地に対する支払能力を表すために考案された概念である。付け値の定義は「所与の所得水準 u を維持しつつ，距離 r の位置に居住するために家計が支払うことのできる土地1単位あたりの最高の地代である。」ここで付け値を $\Psi_\delta(r,u)$ で表現する。
以上の定義より付け値関数は（4）式に示すように表される。

$$\Psi_\delta(r,u;p)=\max_{z,s}\{\frac{y-T(r)-z}{s} \mid EU_\delta(z,s)=u\} \qquad (4)$$

消費の組 (z,s) を選択している家計にとって，$y-T(r)-z$ は地代の支払に利用できる金額であり，$\dfrac{y-T(r)-z}{s}$ は r における土地1単位あたりの地代を表す。従って（4）式は期待効用 u のもとで土地1単位に支払うことのできる最大の地代を表している。

ここで，$EU_\delta(z,s)=u$ を z について解き期待効用 u を等しくする合成財の消費 z と住居のサイズ s の無差別曲線 $z=Z(s,u)$ をもとめて（4）式に代入する。すると付け値関数は

$$\Psi_\delta(r,u;p)=\max_s\{\frac{y-T(r)-Z(s,u)}{s}\} \qquad (5)$$

のように再定義され，制約無しの最大化問題となる。（5）式は s について偏微分がゼロになるときに付け値最大化となる。このことより，最大化の条件として（6）式を得る。

$$-\frac{\partial Z(s,u)}{\partial s}=\Psi_\delta(r,u) \qquad (6)$$

3.3.2 土地利用均衡モデルの定式化

土地利用の均衡状態では，全ての家計が立地点に関係なく同一の最高水準を有していなければならない。この均衡における効用水準を均衡効用水準とよび $u*$ で表す。間接効用関数を用いてこれを表せば（7）式のように表現できる。

$$u^*=\max_{s,z}\{V(R(r),y-T(r))\} \qquad (7)$$

不在地主の閉鎖都市モデルでは，家計数 N は有限である。従って，都市の形状として幅 h の長方形を考えれば，単位長さ dr における都市の面積は $dr\cdot h$ で表される。この面積がすべて住居に使用できるとして平均的な1住居あたりの面積を s とすれば，この中に存在することのできる家計密度は $dr\cdot h/s$ で表される。これより位置 r における単位長さあたりの家計数は（8）式のように表される。

$$n_\delta(y-T(r),u^*)=\frac{h}{s_\delta(y-T(r),u^*)} \qquad (8)$$

これを r により積分した総家計数は N に等しいため，以下の式が成立する。

$$N=\sum_\delta\int_0^{\bar{r}_\delta}\frac{h}{s_\delta(y-T(r),u^*)}dr \qquad (9)$$

さらに，都市域と農地の境界は，以下の式が成立するところ $\bar{r}_\delta$ である。

$$\Psi_\delta(y-T(\bar{r}_\delta),u^*)=R_A \qquad (10)$$

以上の（5）式から(10)式を解くことにより均衡状態の効用水準，付け値を求めることができる。

いま，効用関数をコブダグラス型で，また交通費を距離あたり一定として下式のように定義する。

- 効用関数
  $$u(z,s)=c\cdot\ln(z)+d\cdot\ln(s) \qquad (11)$$
  c,d: 係数で $c+d=1$
- 交通費
  $$T(r)=a\cdot r \qquad (12)$$

a: 係数で単位長さあたりの交通費

以上の関数式のもとで，均衡立地の条件を適用すれば，付け値，住居サイズ，合成財の消費は次のように導くことができる。

$$\Psi_\delta(r,u^*)=(y-ar)dc^{\frac{c}{d}}\exp[\frac{u^*}{1-p+\alpha_\delta p}]^{\frac{1}{d}} \tag{13}$$

$$z(r)=c(y-ar) \tag{14}$$

$$s_\delta(y-ar,u^*)=(y-ar)^{-\frac{c}{d}}c^{-\frac{c}{d}}\exp[\frac{u^*}{1-p+\alpha_\delta p}]^{\frac{1}{d}} \tag{15}$$

$$\bar{r}_\delta=(y-R_A{}^d d^{-d}c^{-c}\exp[\frac{u^*}{1-p+\alpha_\delta p}])\frac{1}{a} \tag{16}$$

$$N=\sum_\delta\int_0^{\bar{r}_\delta}\frac{h}{s_\delta(y-ar,u^*)}dr \tag{17}$$

(17)式をさらに展開すれば次のようになる。

$$N_\delta=-a^{-1}hc^{\frac{c}{d}}A_\delta{}^{*-\frac{1}{d}}\{d(y-a\bar{r}_\delta)^{\frac{1}{d}}-dy^{\frac{1}{d}}\}$$

$$A_\delta{}^*=\exp(\frac{u^*}{1-p+\alpha_\delta{}' p}),\delta=-,+ \tag{18}$$

以上の(16)式および(18)式を連立して均衡解を得ることができる。左右で主観確率が等しい場合，すなわち $\alpha_+{}'=\alpha_-{}'$ の場合は $N_1=N_2=\frac{1}{2}N$ となり，記述的に解を求めることができる。その場合の均衡効用水準 u^* は次の通りとなる。

$$u^*=-d\cdot(1-P+\alpha\cdot p)\cdot\ln(F)$$

$$F=d^{-1}c^{-\frac{c}{d}}y^{-\frac{1}{d}}(R_A+\frac{1}{2}N\cdot a\cdot h^{-1}) \tag{19}$$

前述の効用関数の定義より $u>0$ であるから $\ln(F)$ はマイナスとなる。ここで式(19)の均衡効用水準 u^* の基本的な特性を以下に整理しておく。

まず，u^* を p で編微分すれば

$$\frac{\partial u^*}{\partial p}=d(1-\alpha)p\cdot\ln(F)<0 \tag{20}$$

であり，均衡効用水準は災害の発生確率の減少と共に増加する。そのときの最大値は $p=0$ のときで $u^*=-d\cdot\ln(F)$ で表される。

次に主観確率 α で編微分すれば

$$\frac{\partial u^*}{\partial\alpha}=-dp\cdot\ln(F)>0 \tag{21}$$

であり，均衡効用水準は災害時に安全と思う確率が高い，すなわち楽観的なほど増加する。その最大値は $\alpha=1$ のときで $u^*=-d\cdot\ln(F)$ と $p=0$ の場合と同じである。

同様に所得，農地地代，都市の幅，交通費の単価と見ていけば次のような関係にある。

所得 y，都市の幅 h に関してはこれらの値が増加すれば均衡効用水準は増加する。逆に農地地代 R_A 及び交通費単価 a の増加について，均衡効用水準は低下する。これらの関係はいずれも我々が直感的に感じる現象と一致するものである。

4. 情報提供の効果評価

4.1. 効果評価のケース

ここで効果評価のケースとして以下の3ケースを考える。

- case_1
  ゼロ情報下で，家計は災害に合う確率は知っているが，被害に合う確率は知らない。したがって，左右いずれの土地に住んでいても家計にとっての主観的な期待効用は等しく，この状態で土地利用に関して均衡状態が実現している。
- case_2
  case_1 においては家計の考える主観的な確率と客観的な確率は異なっている。現実の厚生水準を考える上ではこの客観的な確率における水準を考える必要がる。特に，情報提供を行おうとする行政サイドではこの客観確率を情報公開直前に評価しておりこの確率に基づいた厚生水準をもとに情報提供の良否を判定する。
- case_3
  完全情報下で家計は被害に合う客観的な確率を知っており，移転を行い新たな均衡状態に達するよう行動を行う。本ケースはこの移転が終了し最終的に得られると予想される立地均衡の状態を示すケースである。

4.2. 社会的厚生水準

情報提供の効果を評価するための指標指標としてベンサム流の社会的厚生水準 W を用いる。

この社会的厚生水準は前記の3ケースそれぞれについて定義できる。

- case_1 における厚生水準
  case_1 における厚生水準は主観確率に基づき土地利用に関する均衡状態を達成している状態の厚生水準であり以下のように定義する。
  $$W^1=Nu^0 \tag{22}$$
  ここで u^0 は本ケースの主観確率における均衡状態の効用をあらわす。
- case_2 における厚生水準
  土地利用は case_1 に示した主観確率に基づいた均衡状態であるが，客観的な確率はこれと異なる状態である。これを観察して得られた厚生水準。値は左右の安全性とともに変化す

る。

$$W^2 = N_-^0 w_-^0 + N_+^0 w_+^0 = \frac{1}{2}N(w_-^0 + w_+^0) \quad (23)$$

ここで$w_\delta^0, \delta = +,-$は都市の左右の客観的な確率に基づいた効用を表す。

- case_3 における厚生水準
  家計は客観的な確率を情報提供により得て最終的な均衡立地を達成した状態の厚生水準として以下の式を用いる。
  $W^3 = N_-^1 u_-^1 + N_+^1 u_+^1 = u^1(N_-^1 + N_+^1)$ (24)
  ここでN_δ^1は情報提供後の均衡状態における左右における家計数であり，$u^1 = u_-^1 = u_+^1$はそのときの効用水準を表す。

以上で定義したW^1とW^2，W^3の大小関係は主観確率と客観確率の大小関係に依存するため必ずしも$W^2 > W^1$，$W^3 > W^1$になるとは限らない。

Fig.4,5,6 及び Table 1 は case_1 における主観確率$\alpha' = \alpha'_- = \alpha'_+$を 0.5(中間),0.0（悲観）,1.0(楽観)と変化させた場合の状態を数値事例として示したものである。なお，数値事例に際しては下記の条件を設定している。

- 総世帯数
  100 万世帯
- 効用関数の係数
  $c = d = 0.5$ で土地と合成財の消費は等しい。
- 交通費の単価
  $a = 5$ 円／m／年
- 世帯の年収
  $y = 600$ 万円／年
- 災害発生確率
  $p = 0.02$ 回／年（50年に一度)
- 農地の地代
  6,000 円／年／m^2
- 都市の幅
  $h = 100m$

この数値事例より基本的な以下の特性が見出せる。

- case_1 においてはゼロ情報のため左右で地代は同じである。一方，情報提供後の case_3 においては安全な右側は高く，危険な左側低く，左右で異なる地代となる。
- 家計の効用は csae_1,3 では均衡状態であるため左右で同じ値を示すが case_2 では安全な右側で高く，危険な左側で低い。Case_3 における地代の左右の差や家計密度の差はこの左右の効用の差を埋めるために家計が移転し生じる。
- 先に示した社会的厚生水準は$\alpha_\delta = 0.5$の場合$W^1 = W^2 < W^3$，$\alpha_\delta = 0.0$の場合$W^1 < W^2 < W^3$，$\alpha_\delta = 1.0$の場合は$W^2 < W^3 < W^1$であり社会厚生水準は最初の主観確率に大きく依存していることがわかる。

4.3 総差額地代および等価変分

次に，情報提供後の case_3 の状態と case_2 の状態の差を比較して情報提供の効課を計測する指標として，地代と所得を用いる。

(1) 総差額地代(TDR)

総差額地代は農地の地代R_Aと都市の地代の総差額で以下のように表される。

$$TDR = \sum_\delta \int_0^{\bar{r}_\delta} h \cdot \{\Psi_\delta(r,u) - R_A\} dr_\delta \quad (24)$$

総差額地代の数字事例を先の Table 1 に示す。地代が変化するのは case_3 の移転が行われて均衡状態に達したときのみであり，したがって case_2 のTDRは case_1 と比べて変化はない。case_3 においては右側の安全な地区において地代が上昇することから世帯平均のTDRはプラスの値を示し，世帯平均で 75 千円の増加，逆に危険側の左側では地下が下がり世帯当たり 107 千円やすくなる。左右の合計でみればTDRはプラスであり家計平均で 6 千円のプラスである。

Table 1 においては case_1 の状態の主観確率を悲観的$\alpha = 0$，楽観的$\alpha = 1$と変えた場合のTDRを示すが，いずれにおいても変化はしない。均衡効用は変化しているが，左右に分布する家計の密度は主観確率の大きさに関係なく一定であるため，地代は変化せずしたがってTDRも変化しない結果となる。

(2) 等価変分(EV)

情報提供前の状況をもとに情報提供後の効用水準を達成するために所得を増加するとしたらいくら必要か計測する指標としてEV（等価変分）を用いる。

等価変分の定式化の前に間接効用関数を求めておく。間接効用関数の定義は次のとおりである

$$V(R, y - ar) = \max_{z,s}\{u(z,s) \mid z + Rs = y - ar\} \quad (25)$$

これを先のコブダグラス型の効用関数に適用し，さらに最大化条件として下式の条件を用いて変形する。

$$\frac{\partial z}{\partial s} = -R \quad (26)$$

まず下式が得られ，

$$z(r) = c \cdot (y - ar) \quad (27)$$

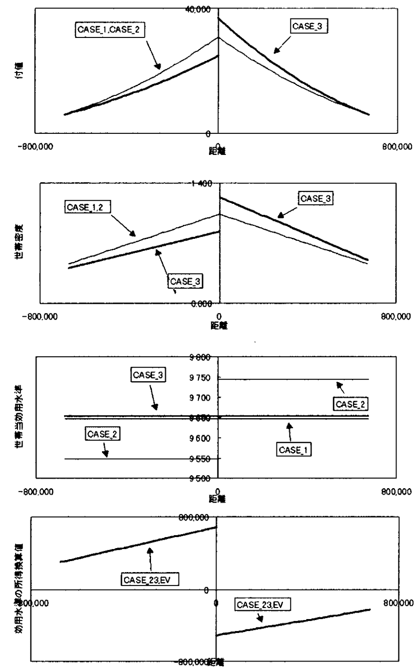

Fig4. Analysis for $\alpha_-' = \alpha_+' = 0.5$

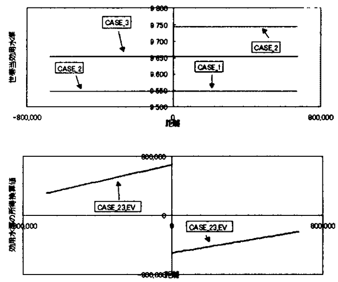

Fig5. Analysis for $\alpha_-' = \alpha_+' = 0.0$ (optimistic)

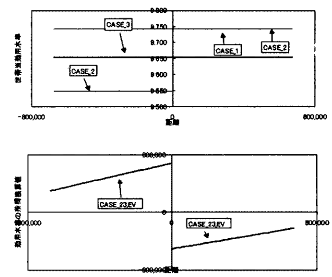

Fig6. Analysis for $\alpha_-' = \alpha_+' = 1.0$ (pessimistic)

Table 1 Numerical results by simulation analyses

	$\alpha_-' = \alpha_+' = 0.5$			$\alpha_-' = \alpha_+' = 0.0$			$\alpha_-' = \alpha_+' = 1.0$		
	case_1	case_2	case_3	case_1	case_2	case_3	case_1	case_2	case_3
N_-	500,000	500,000	620,601	500,000	500,000	620,601	500,000	500,000	620,601
N_+	500,000	500,000	379,399	500,000	500,000	379,399	500,000	500,000	379,399
$u*$	9.646		9.654	9.548		9.654	9.743		9.654
$u*\cdot N$	9,645,819		9,654,380	9,548,387		9,654,380	9,743,252		9,654,380
u_1		9.743	9.654		9.743	9.654		9.743	9.654
u_2		9.548	9.654		9.548	9.654		9.548	9.654
$N_1u_1 + N_2u_2$		9,645,819	9,654,380		9,645,819	9,654,380		9,645,819	9,654,380
$(TDR/N)_-$	1,462,586	1,462,586	1,538,173	1,462,586	1,462,586	1,538,173	1,462,586	1,462,586	1,538,173
$(TDR/N)_+$	1,462,586	1,462,586	1,355,207	1,462,586	1,462,586	1,355,207	1,462,586	1,462,586	1,355,207
(TDR/N)	1,462,586	1,462,586	1,468,756	1,462,586	1,462,586	1,468,756	1,462,586	1,462,586	1,468,756
$\Delta(TDR/N)_-$		0	75,588		0	75,588		0	75,588
$\Delta(TDR/N)_+$		0	-107,379		0	-107,379		0	-107,379
$\Delta(TDR/N)$		0	6,170		0	6,170		0	6,170
$\Delta(EV/N)_-$			-385,846			-385,846			-385,846
$\Delta(EV/N)_+$			518,275			518,275			518,275
$\Delta(EV/N)$			66,215			66,215			66,215
$\Delta\{(TDR+EV)/N\}_-$		0	-310,259		0	-310,259		0	-310,259
$\Delta\{(TDR+EV)/N\}_+$		0	410,896		0	410,896		0	410,896
$\Delta\{(TDR+EV)/N\}$		0	72,385		0	72,385		0	72,385

$$s=\frac{d(y-ar)}{R} \tag{28}$$

これを効用関数に代入すると間接効用関数は以下のように与えられる。

$$V(R,y-ar)=K+\ln(y-ar)-d\ln(R)$$
$$K=c\ln(c)+d\ln(d) \tag{29}$$

case_1 のときの均衡効用水準u^0を間接効用関数を用いて記述すれば次のようになる。

$$u^0(y-ar)=(1-p+\alpha p)\cdot V(R^0(r),y-ar)$$
$$u^0(y-ar)=(1-p+\alpha p)\cdot\{K+\ln(y-ar)-d\ln R^0(r)\} \tag{30}$$

次いで case_2 のときの場合を同様にして記述する。

$$w_+{}^0(y-ar)=K+\ln(y-ar)-d\ln(R^0(r))$$
$$w_-{}^0(y-ar)=\{K+\ln(y-ar)-d\ln(R^0(r))\}(1-p) \tag{31}$$

さらに case_3 のときは左右で地代が異なることに注意すれば次の通り。

$$u_+{}^1(y-ar)=K+\ln(y-ar)-d\ln(R_+{}^1(r))$$
$$u_-{}^1(y-ar)=\{K+\ln(y-ar)-d\ln(R_-{}^1(r))\}(1-p) \tag{32}$$

ここで情報提供の効果の計測は case_2 から case_3 へ変化する場合を考える。case_2 は case_1 のゼロ情報下での均衡立地状態において，被災確率を客観的に評価したケースである。case_2 の客観的な被災確率は情報提供前において，住民側からはわからないものであるが，情報提供を検討する行政側からみれば既知のものである。さらに客観確率は住民の情報収集や実際の被災経験の積み重ねによって，行政が何もしなくとも住民が獲得できる可能性のある情報であることから情報提供の効果は case_2 と case_3 の比較において実施すべきと考える。特に case_1 の主観確率にもとづく厚生水準は主観的であるがために時間とともに変動が激しく（例えば阪神大震災の直前と直後等）効果の計量のためのベースとするにはふさわしくないと考えられる。case_2 の状況から出発して case_3 における厚生水準を達成するために必要な所得の増分を$EV_\delta{}^{23}$と定義すれば，先の条件は次のように記述できる。

$$w_\delta{}^0(y-ar+EV_+{}^{23})=u^1(y-ar) \tag{33}$$

間接効用関数で求めた式に代入して解けば$EV_\delta{}^{23}$は下式のようになる。

$$EV_+{}^{23}=(y-ar)[\{\frac{R^0(r)}{R_+{}^1(r)}\}^d-1]$$
$$EV_-{}^{23}=(y-ar)[\{\frac{R^0(r)}{R_-{}^1(r)}\}^d-1] \tag{34}$$

以上の式において case_2 の地代は case_1 の地代と変化せず case_3 の地代は右側（安全側）において高く，左側（危険側）において安くなるから右側では$\{\frac{R^0(r)}{R_+{}^1(r)}\}\leq 1$であり，$EV_+{}^{23}$はマイナスとなり$\{\frac{R^0(r)}{R_-{}^1(r)}\}\geq 1$であるから$EV_-{}^{23}$はプラスとなる。地代の各ケースでの値は(35)式の通りであり，これを代入して$EV_\delta{}^{23}$を求めることができる。

$$R^0(r)=(y-ar)^{\frac{1}{d}}d\cdot c^{\frac{c}{d}}\cdot\exp[\frac{u^0}{1-p+\alpha^0 p}]$$
$$R_\delta{}^1(r)=(y-ar)^{\frac{1}{d}}d\cdot c^{\frac{c}{d}}\cdot\exp[\frac{u^1}{1-p+\alpha_\delta{}^1 p}] \tag{35}$$

以上より

$$EV_+{}^{23}=(y-ar)\{\frac{(u^1-u^0)+u^1p(\alpha^0-p)}{1-p+\alpha^0p}\}$$
$$EV_-{}^{23}=(y-ar)\{\frac{(1-p)(u^1-u^0)+u^1p\alpha^0}{(1-p)(1-p+\alpha^0p)}\} \tag{36}$$

以上の式による$EV_\delta{}^{23}$を先の事例に対してもとめた結果をFig.4,5,6 およびTable 1に示す。

$EV_\delta{}^{23}$は安全な右側では case_2 の効用水準が case_3 の効用水準より下がるためマイナスの評価となる。右側においてその額は-389 千円であり，左側は逆に増加し+518 千円である。

情報提供の効果は先に示した地代の変化（*TDR* の変化）と等価変分の変化（$EV_\delta{}^{23}$）の合計で表現できるためこれを計算すれば，Table 1 に示すように家計あたり 72 千円のプラスと推定される。

5．おわりに

本稿は，近年特に注目されている災害危険度の情報提供の社会的厚生水準からみた効果について計量する方法について，都市経済学の均衡立地の考え方に主観確率を導入したモデルの適用を行い情報提供の特性について分析を行った。その結果選られた主要な知見は以下の通りである。

- 地代は主観確率α_δに依存しない。地代は家計の移転が生じるような効用の地域差が生じ，家計の移転が行われてはじめて変化する。
- 情報提供の効果は総差額地代（*TDR*）の変化にすべて吸収されるわけではなく等価変分*EV*との合計で評価を行う必要がある。特に，本稿の数値事例ではこの*EV*の値が大きく示された。
- 本稿では社会的厚生水準の変化の価格換算を客観的な確率に基づいてのみ評価した。すなわち case_2 と case_3 の差の$EV_\delta{}^{23}$である。厚生水準の変化は主観確率の変化によってもなされるが，この場合，情報提供の結果必ずしも厚生水準の変化が正になるわけではなく，逆に負になる場

合も示された。

- 主観確率は家計の推定する値であり大規模な災害の前後で簡単に変化するものと考えられる。例えば阪神大震災の直前では楽観的であろうし，直後では極めて悲観的であろう。情報提供者がこのように極めて不安定な主観的な確率をもとに情報提供の効果を考えて，情報提供を決定しようとした場合，ときと場合によってその是非が変わることになり，好ましくない。家計は主観的な確率を有しているが基本的には被災経験や独自の情報収集により，客観的な確率に近い確率を有していると考えたほうが妥当であろう。本稿では以上の理由も考慮して客観的な確率のみに着目して情報提供の効果を評価すべきであると考えた。
- 数値事例で示した case_2 の別の解釈として，主観確率と客観確率が異なるが移転を行わないで不均衡にある状態とも考えられる。この状態は移転コストが極めて高く移転が不可能な場合に相当する。このような場合たとえ情報提供を行ったとしても移転が行われず，したがって地代も変化しない，さらには社会的厚生水準も変化しないため情報提供の効果は無い。従って情報提供によって社会的厚生水準の向上を求めるのであれば移転が容易な場合である。

今後の課題としては，以下の事項があげられる。

- 実際の地代，被災確率の認知度などについて調査を行い，本モデルで得られた知見の検証が必要と考える。
- また，情報提供の社会的な特性についてさらに深く分析を行うために，災害保険の考慮，投資による安全率向上の効果の評価，情報提供のコストと便益比較による情報提供基準の分析等が必要と考える。
- 実現象に促したより複雑な場面への適用性を高め，本モデルの適用限界や改正すべき点を明らかにし，情報提供における投資と効果のバランスを実用適に分析できるよう拡張していきたいと考える。

参考文献

小林潔司・文世一・多々納裕一(1995):交通情報による経路誘導システムの経済便益評価に関する研究，土木学会論文集，No.506/Ⅳ-26，pp.77-86.

多々納裕一(1995):交通システムの情報経済学,土木学会計画学研究委員会「交通情報システムをとりまく諸問題」,pp.48-57.

亀田弘行・角本繁・畑山満則・岩井哲(1997):リスク対応型地域空間情報システム構築へ向けて－神戸市長田区での災害情報処理の経験から－,日本リスク研究学会論文集第１０巻,pp.124-129.

藤田昌久(1991):都市空間の経済学,東洋経済新報社.

Laffont,J.J.(1985)・佐藤公敏訳:不確実性と情報の経済学，東洋経済新報社.

Varian,H.R.・三野和雄訳(1986)：ミクロ経済分析，勁草書房

Berknopf,R.L.,Brookshire,D.S.,Mckee,M. and Soller,D.L.(1997): Estimauing Sicial Value of Geologic Map Informaton: A Regulator Application, Journal of Environmental Economics and Managemebt,32,pp.204-218.

DeSalvo, J.S. and Eeckhoudt, L.R. (1982):Household Behavior under Income Uncertainty in a Monocentric Urban Area, Journal of Urban Economics, 11,pp.98-111.

Papageorgion, Y.Y. (1991):Residental Choice when Place Utility is not Preciesley Known in advance, McMaster University.

Turnbull, G.K. (1991): The Spatial Demand for Housing with Uncertain Quality, Journal of Real Estate Fiance and Economics,4,pp.5-17.

Welfare Analysis of Location Choice Behavior under Provision of Public Information on Disaster Risk

Naruhisa TANAKA*, Kenichirou YAMAGUCHI**, Hirokazu TANANO**,
and Norio OKADA**

*Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, Nihon Suido Consultants Co., LTD.
**Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

Synopsis

Recently, Public Administration presents public information about disaster risk levels actively. Availability of this information gives some merits of increasing sense of prevention against the disasters to the people. But efficiency and criteria about availability of this information are not studied sufficiently. This paper presents a model of location choice behavior on availability of this information, and analysis for efficiency of provision of information.

Keywords: *information of disaster risk levels, provision of information, efficiency analysis, utility*